RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

LIBERTÉ — ÉGALITÉ — FRATERNITÉ

PRÉFECTURE DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE

VILLE DE PARIS

CONCOURS

pour

l'épuration ou la stérilisation des eaux de rivière
destinées à la boisson

RAPPORT

présenté par le Docteur J.-A. Martin au nom de la Commission
chargée de juger le Concours

PRÉFECTURE DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE

VILLE DE PARIS

Concours pour l'épuration ou la stérilisation des eaux de rivière destinées à la boisson

RAPPORT présenté par le Docteur A.-J. Martin, *au nom de la Commission chargée de juger le Concours* (1)

Conformément à une délibération du Conseil municipal de Paris en date du 11 juillet 1894, un concours a été ouvert à la Préfecture de la Seine pour l'invention du meilleur procédé d'épuration ou de stérilisation des eaux de rivière.

Un arrêté préfectoral portant la date du 24 juillet 1894 en a établi le programme comme il suit :

Article premier. — Il est ouvert, par la Ville de Paris, un concours pour l'invention du meilleur procédé d'épuration ou de stérilisation des eaux de rivière.

(1) Cette Commission était composée ainsi qu'il suit (arrêté de M. le Préfet de la Seine, en date du 22 août 1894) :

Président : M. Huet, inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur administratif des travaux de Paris.

Membres : MM. le docteur Brousse, conseiller municipal, membre du Conseil d'hygiène.
le docteur Levraud, — —
Lopin, conseiller municipal.
Strauss, —
Humblot, inspecteur général des Ponts et Chaussées, chargé de la Direction des Eaux.
Bienvenüe, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chargé du service des Dérivations.
Albert-Lévy, chef du service chimique à l'Observatoire de Montsouris.
le docteur A.-J. Martin, inspecteur général du service d'assainissement et de salubrité de l'habitation.
le docteur Miquel, chef du service micrographique à l'Observatoire de Montsouris.

Secrétaire : M. Lahr, chef du bureau des Eaux, des canaux et de l'assainissement.

Art. 2. — Les personnes qui voudront concourir devront envoyer, avant le 15 septembre 1894, à la Préfecture de la Seine (*Direction administrative des travaux de Paris, bureau des Eaux, canaux et assainissement*), tous les jours de midi à quatre heures, les dimanches et fêtes exceptés, tous les documents, dossiers et autres pièces destinés à faire connaître le système qu'elles préconisent, les résultats qu'on en peut attendre et la dépense que paraît nécessiter son premier établissement et son fonctionnement pour une quantité déterminée.

Art. 3. — Ceux des procédés qui paraîtront pouvoir donner de bons résultats seront expérimentés aux frais de la Ville et suivant des projets d'établissement dressés par leurs auteurs. Une Commission nommée par le Préfet de la Seine sera chargée de faire le choix des systèmes à essayer. Elle n'admettra à l'épreuve que ceux d'entre eux qui pourraient être appliqués, sans exagération de dépenses, à l'épuration d'un volume d'eau assez grand pour alimenter une ville ou encore des établissements populeux, comme les maisons d'école, lycées, casernes, etc.

Les essais seront continués, pendant tout le temps qui sera jugé nécessaire, par les soins et sous la direction de l'inventeur, aux frais de la Ville et sous la surveillance de la Commission spéciale. Cependant, ils pourront être interrompus dès que le demandera l'administration municipale.

Art. 4. — L'épuration sera considérée comme parfaite, si l'eau qui y a été soumise est limpide, incolore, si elle n'a aucun goût désagréable, si elle est suffisamment aérée, si elle ne contient aucun microbe pathogène et, en tous cas, qu'un très petit nombre de microbes indifférents; enfin, s'il n'y reste pas de matière organique en quantité exagérée et aucune substance nuisible.

Art. 5. — Les concurrents déposeront, en même temps que les pièces dont il est parlé à l'article 2 et sous pli cacheté, une soumission par laquelle ils s'engageront, au cas où la Ville adopterait leur système, à lui céder leur droit de brevet s'ils en ont un, pour qu'elle ait la faculté d'appliquer ce système à l'épuration des Eaux municipales, et ils feront connaître le prix demandé pour cette cession.

La soumission ne sera ouverte qu'à la fin des essais.

Art. 6. — Si, parmi les systèmes présentés, quelques-uns sont jugés par la Commission d'examen aptes à rendre des services dans des cas déterminés, elle pourra allouer à leurs auteurs, à titre d'encouragement, des prix variant de 1,000 à 3,000 francs, dans une limite de dépense totale de 6,000 francs.

CONSOMMATION ET COMPOSITION DES EAUX A PARIS

Avant de rendre compte des travaux de la Commission et d'exposer leurs résultats, on nous permettra de rappeler à quelles préoccupations répondait le Conseil municipal, sur l'initiative de M. Paul Strauss, en instituant ce concours,

Autrefois, l'eau dont disposait une ville paraissait bonne à tous usages ; elle servait indistinctement à la boisson et au lavage. Aussi l'on utilisait sans défiance les eaux superficielles, et on ne redoutait pas de faire des emprunts aux rivières traversant les cités même les plus peuplées. Belgrand, devançant les théories scientifiques modernes et mû par un souci constant et supérieur de tous les besoins de l'hygiène et de la salubrité, fit admettre pour l'alimentation de Paris une distinction absolue. Il résolut de cesser de prendre l'eau de boisson au fleuve souillé par ses riverains et de l'aller chercher dans des régions éloignées, pourvu qu'elle pût être captée et amenée, « bien minéralisée, affranchie de toutes matières organiques inertes ou vivantes, pourvue d'une température modérée et constante ». De là, l'affectation des eaux de l'Ourcq, de la Seine, de la Marne et des puits artésiens à l'arrosage ou nettoyage, aux usages industriels, et, pour l'alimentation proprement dite, pour le service privé, les magnifiques travaux des amenées des eaux de la Vanne, de la Dhuis, puis de la Vigne et du Verneuil, bientôt du Loing et du Lunain.

Malgré les efforts considérables de ses ingénieurs et malgré les sacrifices généreusement consentis par le Conseil municipal, la Ville de Paris n'a pas encore pu achever sa tâche. Jusqu'à ce que les habitants de Paris aient pu recevoir dans tous les immeubles, à tous les étages et en tout temps, sauf des circonstances exceptionnelles, de l'eau de source de bonne qualité et en quantité suffisante, bien des années encore s'écouleront. D'ici là, force sera de continuer à user plus ou moins partiellement des eaux de rivière. Celles de la Seine et de la Marne, à l'exclusion de l'eau de l'Ourcq, sont d'ailleurs admises dans l'alimentation, à titre d'eaux potables, par l'article 24 du règlement du 25 juillet 1880, approuvé par arrêté préfectoral du 13 août suivant, et qui n'autorise l'abonnement à cette dernière que pour des usages industriels ou de ménage exclusivement. D'autre part, même pour les eaux de source, il faut prévoir les cas de force majeure qui peuvent en entraver momentanément l'amenée, à savoir la rupture des aqueducs en cas d'investissement ou par suite d'usure ou d'accidents à ces ouvrages, ainsi que l'appauvrissement momentané des sources ; pour toutes ces circonstances, un remède efficace doit être constamment préparé.

La Ville de Paris reçoit et consomme aujourd'hui une quantité d'eau qui la met au rang des capitales bien dotées pour leur alimentation (1).

En 1895, on y a consommé 199,162,250 mètres cubes d'eaux de sources et de rivières, se répartissant comme suit :

Eau consommée a Paris en 1895

EAUX DE RIVIÈRES (*Service public*)		EAUX DE SOURCES (*Service privé*)	
Seine	45.719.900 m³	Vanne	36.135.000 m³
Marne	27.495.450	Dhuis	6.570.000
Ourcq	52.191.350	Avre	29.236.500
Puits artésiens	1,814,050		
	127.220.750 m³		71.941.500 m³

Total : 199.162.250 m³

Soit, par tête d'habitant et par an : 82,139 litres,

Et, par jour, **225 litres**, présentant des variationsde 190 à 225 litres, (2).

(1) Alimentation en eau d'un certain nombre de villes de France et de l'étranger (Eaux arrivant dans les villes), d'après M. Bechmann (Salubrité urbaine, distribution d'eau, assainissement, p. 61).

	litres par jour et par habitant		litres par jour et par habitant		litres par jour et par habitant		litres par jour et par habitant
Rome	1000	Aurillac	280	Brooklyn	205	Cambridge	81
Washington	700	Saint-Louis	273	Cologne	200	Alexandrie	80
Détroit	574	Philadelphie	257	St-Pétersbourg.	95	Berlin	75
Lausanne	500	Limoges	240	Calcutta	95	La Haye	75
Marseille	450	Dijon	240	Manchester	94	Naples	70
Chicago	431	Glasgow	238	Buenos-Ayres	90	Stockolm	70
Carcassonne	400	Paris	234	Bombay	90	Nuremberg	60
Boston	348	Adélaïde	230	Athènes	90	Norwick	60
New-York	297	Dresde	228	Valparaiso	90	Amsterdam	50
Bonn	289	Francfort	223	Breslau	90	Le Caire	50
Cincinnati	287	Melun	220	Bristol	85	Barcelone	30
						Madrid	15

(2) En France, il résulte d'une enquête à laquelle s'est livré M. Bechmann en 1892, au nom de la Société de médecine publique et d'hygiène professionnelle de Paris, enquête qui a porté sur 691 villes, représentant une population totale de 12,213,127 habitants et comprenant toutes les cités les plus populeuses, que :

L'eau de source alimente 219 villes avec 2.792.850 habitants.
L'eau de nappe — 215 — 1.759.243 —
Une alimentation mixte 144 — 5.950.020 —
L'eau de rivière — 113 — 1.711.014

Les eaux souterraines sont donc beaucoup plus employées en France.

Le volume moyen consommé dans les 449 villes (sur 691 villes passées en revue) qui

Il importe de remarquer, d'autre part, que, sur les 71,941,500 mètres cubes d'eaux de sources amenées à Paris en 1895, la consommation dans le service privé s'est élevée à 63,875,000 mètres cubes, soit 26,340 litres par habitant en une année au lieu de 29,670 litres arrivés dans la capitale. La proportion a été, par tête d'habitant et par jour, de 81 litres d'eaux de sources amenées et de **72 litres consommés.**

La consommation des eaux de source est d'ordinaire fort variable, suivant les saisons :

Moyennes en hiver (décembre, janvier, février)	165.930 m³	par jour.
— au printemps (mars, avril, mai)	173.100 —	—
— en été (juin, juillet, août)...............	183.400 —	—
— en automne (sept., octobre, novembre)...	179.630 —	—

Le nombre des abonnements aux eaux de source s'accroît dans une grande proportion à Paris, surtout depuis quelques années :

En 1880, on comptait 34.938 abonnements aux eaux de source.
En 1885........... 39.219 —
En 1890........... 58.934 —
Et en 1895........... 67.473 —

On peut estimer qu'il n'y a plus aujourd'hui, sur les 80,000 immeubles parisiens, qu'un nombre assez restreint, soit 10,000, qui ne soient pas abonnés en eaux de sources. Encore ne comprennent-ils qu'une population très faible, qu'on évalue à 150,000 habitants sur les 2,250,000 de l'agglomération.

De même, l'usage de l'eau de l'Ourcq pour l'alimentation ne subsiste plus que dans le nombre infime de maisons qui ont pu échapper à la surveillance très active de l'Administration. Quant aux 1,500 puits subsistant encore à Paris, ce n'est que par exception que leurs eaux impures sont encore utilisées pour le service privé. MM. Miquel et Albert-Lévy signalent chaque semaine ceux des puits qui fournissent une eau suspecte.

On sait qu'il n'a dépendu ni du Conseil municipal, ni de l'Administration, que l'abonnement obligatoire à l'eau de source ne soit dès maintenant réalisé dans toutes les habitations parisiennes.

Malgré l'abondance croissante des eaux de sources à Paris, il arrive qu'à certaines époques de l'année, plus particulièrement pendant les mois d'été et chaque

sont pourvues d'une distribution d'eau, soit 65 °/o seulement, dont la population approche de 10.500,000 habitants, la consommation moyenne est de 111 litres par habitant.

70 villes alimentées en eau de rivière............	113 litres.	
149 — — source.............	102	—
20 villes alimentées en eau de nappe..	104	—
114 — dotées d'une alimentation mixte.........	114	—

(Bechmann. Enquête statistique sur l'hygiène urbaine dans les villes françaises, *Revue d'hygiène*, XIV, 1892, p. 1062).

fois que la chaleur se fait sentir, la consommation s'accroît de telle sorte que les réserves prudemment aménagées ne suffisent plus, et, si le débit des sources s'abaisse dans une notable proportion, l'eau réellement potable peut faire défaut. Il faut ajouter que c'est précisément le moment où cette eau est gaspillée trop souvent en pure perte, pour de multiples raisons contre lesquelles il est difficile de réagir. La nécessité survient alors de substituer des eaux de rivière aux eaux de source dans tout ou partie de la canalisation. Bien que l'Administration n'y recoure qu'à la dernière extrémité et lorsque l'obligation en est devenue impérieuse, elle n'en doit pas moins toujours prévoir la possibilité.

Depuis 1886, elle a dû s'y résoudre dans les circonstances ci-après :

SUBSTITUTION DES EAUX DE RIVIÈRE AUX EAUX DE SOURCE

ANNÉES	DATES	DURÉE		ARRONDISSEMENTS
1886	22 juillet au 8 août.........	39 jours	62 jours	8e, 16e, 17e, 20e.
	2 septemb. au 24 septemb..	23 —		8e, 13e, 14e, 16e, 17e, 20e.
1887	13 juin au 28 juin..........	16 —	41 jours	3e, 4e, 11e, 12e.
	12 juillet au 23 juillet......	12 —		1er, 2e, 9e, 10e.
	8 août au 20 août..........	13 —		5e, 6e, 7e, 13e.
1888	9 juin au 19 juin...........	10 —	10 j.	8e, 16e, 17e.
1889	24 mai au 26 août..........	95 —	111 jours	13e, 14e, 15e, 16e, 9e, 10e, 1er, 2e, 3e, 4e, 11e, 12e, 5e, 6e, 7e, 8e, 16e, 17e.
	10 septemb. au 25 septemb.	16 —		13e, 14e, 15e, 16e.
1890	23 juin au 28 juin..........	6 —	22 jours	9e, 10e, 1er, 2e, 10e.
	1er août au 16 août.........	16 —		3e, 4e, 11e, 12e.
1891	20 juin au 9 juillet..........	20 —	45 jours	5e, 6e, 7e.
	15 juillet au 31 juillet.......	16 —		8e, 16e, 17e, 13e, 14e, 15e, 16e.
	14 septemb. au 22 septemb.	9 —		1er, 2e, 9e, 10e.
1892	18 mai au 16 juin..........	29 —	65 jours	3e, 4e, 11e, 12e, 5e, 6e, 7e.
	3 juillet au 18 juillet.......	16 —		1er, 16e, 17e.
	21 août au 9 septembre....	20 —		13e, 14e, 15e, 16e.
1893	Néant	(Arrivée de l'Avre)		
1894	2 mai au 5 mai	4 jours		Toute la partie de la Ville desservie habituellement par la Vanne. (Accident arrivé à l'aqueduc)
1895	11 septemb. au 17 septemb.	7 jours		1er, 2e, 3e, 4e, 9e, 10e

Il est heureusement reconnu que la souillure des conduites d'eau de source dans ces circonstances n'a d'ordinaire qu'une durée très faible, de vingt-quatre à quarante-huit heures. De même, les légères modifications

observées quelquefois dans la couleur et la limpidité des eaux de sources recueillies aux réservoirs tiennent le plus souvent aux modifications qu'elles éprouvent réellement à certaines époques de l'année, quelles que soient les sources dont elles proviennent.

Par contre, les analyses poursuivies depuis plusieurs années et en grand nombre par les laboratoires spéciaux révèlent fréquemment, dans l'eau de boisson recueillie dans les habitations, des variations de composition qu'il est devenu indispensable d'étudier avec la plus grande attention.

A quelles causes les attribuer? Elles ne peuvent tenir à l'eau distribuée, puisque celle qui s'écoule dans les fontaines Wallace a constamment la composition même de l'eau prise au réservoir d'amenée, ainsi qu'en témoignent les analyses répétées de MM. Miquel et Albert-Lévy.

Il en faut donc rechercher ailleurs le motif. On peut dire qu'elles proviennent soit des jonctions établies dans les immeubles entre les tuyaux d'amenée des eaux de rivière et ceux qui y portent les eaux de sources, soit d'arrêts momentanés ou prolongés des eaux dans les conduites, soit enfin des variations fréquentes de pression, ainsi que de brusques manœuvres dans les réseaux de distribution. On peut aussi très justement invoquer l'existence, dans les immeubles, de réservoirs insuffisamment entretenus en bon état de propreté ou placés dans des locaux dont l'atmosphère est aisément souillée. On doit également prendre garde à la disposition défectueuse des conduites d'eau de boisson, au voisinage de foyers de chaleur, ou même, quelquefois, à leur protection insuffisante contre des émanations infectantes.

Il ne semble pas jusqu'ici qu'on se soit suffisamment préoccupé en France d'aménager dans les habitations l'amenée et la distribution des eaux potables de telle sorte qu'elles soient mises à l'abri de toute souillure. Il n'en est pas de même en Angleterre, en Allemagne, en Amérique et dans d'autres pays où la canalisation des eaux alimentaires a été à cet égard l'objet d'une réglementation précise tout autant que la canalisation pour l'évacuation des eaux usées. L'attention des constructeurs devrait être sérieusement appelée sur ce point, qui mérite d'être étudié de très près dans les écoles de plomberie sanitaire et les Sociétés d'architectes et d'hygiénistes.

En tout cas, le fait brutal est celui qui résulte des constatations de MM. Albert-Lévy et Miquel. En 1894, alors que la composition chimique des eaux est restée sensiblement la même pour les eaux de source prises aux réservoirs et sur la canalisation, on constate une légère diminution du

poids de la matière organique dans l'eau de celle-ci. Par contre, tandis que la moyenne annuelle des bactéries trouvées par centimètre cube dans l'eau de la Vanne a été de 680 et de 3,745 dans l'eau de la Dhuis, elle a été de 2,650 dans l'eau de la canalisation d'eau de source, avec des variations de 100 à 35,200 suivant les immeubles. « L'eau bue par la population « parisienne, déclare M. Miquel, est en général plus impure que les eaux « prélevées aux réservoirs d'approvisionnement, ce qui tient fort souvent à « l'interposition, entre la canalisation urbaine et le robinet des particuliers, de « réservoirs où l'eau séjourne pendant quelque temps et se charge de bactéries « en s'auto-infectant. »

Le réseau de distribution des eaux à Paris a été disposé, et il n'en pouvait être autrement, de telle sorte qu'il puisse facilement servir aussi bien à l'alimentation par les eaux de sources captées aussi rapidement que possible, mais toujours insuffisantes, qu'à la consommation complémentaire en eaux de rivières. Avant tout, il fallait pouvoir assurer de l'eau à la population. Aujourd'hui, l'Administration fait tous ses efforts pour que cet état de choses cesse et pour que la canalisation affectée aux eaux de sources ne reçoive, que dans des cas de force majeure tout à fait exceptionnels et dont la population est toujours prévenue, des eaux d'autre nature. Toutefois, l'usage de plus en plus considérable de l'eau dans l'intérêt de la salubrité et de la propreté corporelle, la multiplication des bains, la nécessité de faire servir dans un trop grand nombre de cas, à l'assainissement et à l'évacuation des matières usées dans les habitations, des eaux de sources, avant même que la quantité de celles-ci soit suffisamment accrue, les progrès incessants de l'hygiène domestique en un mot, conduiront forcément l'Administration à craindre que ses approvisionnements d'eaux de sources ne puissent constamment servir en tout temps.

Les quantités relativement si abondantes d'eaux de sources qu'on a amenées à Paris depuis vingt-cinq ans ne sauraient donc plus suffire si des ressources complémentaires ne sont pas, dès maintenant, proposées et aménagées. Mais alors qu'il est encore impossible d'assurer à tous les habitants de Paris l'usage de l'eau de source pure, et tant que l'un quelconque d'entre eux sera forcé chaque jour, ou même momentanément, de boire des eaux de qualité inférieure, celles-ci doivent, tout au moins, lui être fournies de telle sorte qu'elles soient aussi potables que l'état actuel de la science et de l'industrie permet de l'assurer. Telle était l'une des raisons d'être du concours; celui-ci limitait le problème à la recherche d'un mode d'épuration applicable à l'ensemble de la population ou à l'agglomération d'un établissement collectif.

Or, quelle est la valeur comparative des eaux distribuées à Paris ? Parmi les

nombreux documents que renferme l'Annuaire de l'Observatoire de Montsouris, nous croyons devoir nous borner à consigner ici les suivants :

1° COMPOSITION CHIMIQUE

Composition moyenne des eaux distribuées à Paris (8 ANNÉES)

(M. Albert-Lévy)

	DEGRÉ HYDROTIMÉT.		CHAUX		Chlore	Matière orga-nique	Azote ni-trique	OXYGÈNE DISSOUS			Résidu sec à 125°	Matière vola-tile
	Total	Après ébulli-tion	Totale	des carb. alc. ter.				Imme-diat.	Après 48 h.	100 c.		
			mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.	mg.		mg.	mg.
Vanne (Réservoir).....	20.5	4.4	113	112	5	0.8	2.6	11.0	10.0	9	255	47
Vanne (Canalisation)..	20.8	4.3	113	115	5	0.71	2.6	10.8	10.0	7	254	44
Dhuis (Réservoir).....	23.0	6.6	108	118	7	1.1	2.9	10.9	9.7	11	284	56
Dhuis (Canalisation)...	22.7	6.0	110	119	7	0.91	2.9	10.7	10.0	8	288	56
Avre (Réservoir)......	16.5	6.3	88	83	12	1.0	2.8	11.6	10.0	14	235	53
Ourcq.................	35.2	12.3	143	152	10	2.5	2.3	10.3	8.8	15	422	80
Marne.................	23.6	7.0	110	117	6	1.7	2.2	10.6	9.3	13	293	56
Drain de Saint-Maur...	25.2	8.4	117	116	8	1.4	2.4	9.4	8.1	14	316	60
Seine (Usine d'Ivry)...	19.0	5.2	101	102	7	2.6	2.3	10.7	9.3	13	247	45
Seine (Us. d'Austerlitz)	19.5	5.5	103	104	7	2.8	2.3	10.6	8.8	17	253	47
Seine (Usine de Chaillot)	20.7	5.9	106	109	7	2.5	2.1	10.0	7.8	22	266	51

Ces chiffres sont à rapprocher de ceux qui caractérisent, d'après le Comité consultatif d'hygiène publique de France, et d'une manière tout approximative, la valeur des eaux au point de vue de la consommation publique :

	TRÈS PURE	POTABLE	SUSPECTE	MAUVAISE
Degré hydrotimétrique total	5° à 15°	15° à 30°	au-dessus de 30°	au-dessus de 100°
Degré hydrotimétrique après ébullition.....	2° à 5°	5° à 12°	12° à 18°	au-dessus de 20°
Matière organique (par litre)	moins de 1 milligr.	moins de 2 milligr.	3 à 4 milligr.	plus de 4 milligr.
Chlore (par litre) sauf au bord de la mer...	moins de 15 milligr.	moins de 40 milligr.	50 à 100 milligr.	plus de 100 milligr.
Acide sulfurique......	2 à 5 milligr.	5 à 30 milligr.	au-dessus de 30 milligr.	au-dessus de 50 milligr.

2° COMPOSITION MICROBIENNE

Eaux distribuées à Paris (Bactéries par centimètre cube)

(Dr P. MIQUEL)

MOIS	Moyennes mensuelles de l'année 1894 — EAUX DE SOURCES — VANNE réservoir — 1894	VANNE — Année normale	DHUIS réservoir — 1894	DHUIS — Année normale	AVRE réservoir — 1894	Prélèvements sur les canalisations — 1894	EAUX DE RIVIÈRES — CANAL DE L'OURCQ — 1894	CANAL DE L'OURCQ — Année normale	MARNE — 1894	MARNE — Année normale	DRAIN DE SAINT-MAUR — 1894	DRAIN DE SAINT-MAUR — Année normale
Janvier	993	1.210	10.300	6.265	3.450	9.235	29.000	121.800	315.000	107.425	»	5.625
Fevrier	1.250	2.600	3.400	6.350	2.825	1.570	21.000	101.395	177.000	184.500	»	7.230
Mars	855	2.015	7.950	5.320	6.235	1.720	60.000	124.750	321.000	145.900	12.000	12.000
Avril	410	1.075	505	3.735	995	880	87.000	52.640	45.000	49.410	177.500	7.700
Mai	1.925	1.150	555	1.935	350	1.860	33.000	59.280	21.000	35.930	6.000	2.740
Juin	225	685	3.310	1.335	425	7.500	24.000	30.220	33.000	28.865	4.250	2.410
Juillet	210	855	2.835	1.375	165	1.935	15.000	32.250	11.000	30.800	2.750	13.690
Août	400	845	1.030	820	950	2.030	18.000	18.500	40.750	24.140	2.000	2.030
Septembre	415	495	»	830	450	2.410	30.000	17.310	18.000	12.365	4.250	4.520
Octobre	350	920	»	1.265	440	1.180	44.400	61.070	33.300	27.725	13.750	4.650
Novembre	500	830	»	7.165	1.330	470	93.000	103.370	125.000	123.830	5.000	4.315
Décembre	925	975	»	10.275	700	835	115.000	172.640	95.500	491.355	13.250	7.210
Moyennes annuelles.	630	1.135	3.745	3.900	1.525	2.650	57.200	74.830	100.460	80.580	8.600	6.130

Ajoutons que M. le Dr P. Miquel a établi, pour l'appréciation de la pureté des eaux, une échelle universellement admise au point de vue quantitatif et qui est la suivante :

	Bactéries par centimètre cube
Eau excessivement pure	0 à 10
Eau très pure	10 à 100
Eau pure	100 à 1.000
Eau médiocre	1.000 à 10.000
Eau impure	10.000 à 100.000
Eau très impure	100.000 et au delà.

La Commission avait donc à rechercher, parmi les procédés proposés, ceux qui seraient susceptibles de fournir une eau d'alimentation se rapprochant autant que possible des compositions chimiques et microbiennes des eaux de sources distribuées à Paris; il fallait aussi que la composition des eaux épurées se maintînt dans les limites des variations naturelles de ces mêmes eaux de sources

TRAVAUX DE LA COMMISSION

Examen préalable des dossiers, classification des projets et audition de leurs auteurs

Dans sa première réunion, la Commission confia à quelques-uns de ses membres le soin de procéder à l'examen préalable des 148 dossiers adressés par les inventeurs désireux de prendre part au concours.

Cette Sous-Commission, composée de MM. Humblot, Bienvenüe, Albert-Lévy, le Dr A.-J. Martin, le Dr Miquel, après avoir, dans une série de séances, entendu les résultats de l'étude de ces dossiers à laquelle ses membres s'étaient livrés, présenta à la Commission un rapport spécial résumant son avis sur chacun des procédés proposés.

« Un nombre si considérable de propositions, déclare ce rapport, en « comprenait évidemment de valeur inégale, et, pour qu'il fût possible d'aborder « utilement le choix déterminé par l'article 3 du programme, il était nécessaire « de procéder à un double travail préparatoire, à savoir : une sélection mettant « à part les projets susceptibles de présenter un intérêt réel, et un classement « répartissant les mêmes projets en catégories selon la nature des procédés mis « en jeu.

» Un examen sommaire a permis d'écarter tout d'abord un certain nombre « de dossiers trop clairement insuffisants. On y trouve quelquefois le produit « d'imaginations à peu près incohérentes, souvent la reproduction de lectures « mal digérées, souvent aussi l'exposé banal d'indications connues de tout le « monde : tel veut construire tout le long de la rivière un mur de porcelaine « poreuse, tel autre propose d'agir sur le cerveau des microbes par détonation « d'explosifs, tels autres encore ont inventé de mettre dans des caisses, ton- « neaux, etc., du sable, du charbon, des matières quelconques.

« C'est le premier groupe de 57 dossiers.

« Le second groupe en comprend 49. Ce sont les propositions dans « lesquelles, après une étude précise, la Sous-Commission n'a pu trouver les « éléments de procédés méritant d'être pris en sérieuse considération et que, « pour ce motif, elle pense encore devoir être éliminés.

« Les 42 dossiers restants, qui composent le troisième groupe, devront être « soumis à un nouvel examen approfondi.

« Ces dossiers se partagent naturellement en quatre catégories, selon que « leurs auteurs ont recours aux agents physiques : chaleur, électricité, lumière, ou « qu'ils utilisent des actions d'ordre mécanique, ou qu'ils mettent en jeu des « réactions chimiques, ou qu'enfin ils prévoient l'emploi successif ou simultané « de moyens d'espèces diverses. On les a, d'après cela, répartis en quatre « catégories : physiques, mécaniques, chimiques, mixtes, en s'efforçant de « rapprocher dans chaque catégorie les procédés ou substances similaires.

« Le même classement a pu s'appliquer dans le deuxième groupe, de « façon moins rigoureuse toutefois, en raison du moindre degré de netteté que « comportent généralement les idées exposées.

« Enfin, on a voulu étendre cette analyse jusqu'au premier groupe ; mais, « ici, la netteté faisant de plus en plus défaut, on a dû se contenter d'observer « les quatre divisions générales en essayant, dans chacune d'elles, d'établir une « sorte de classement par ordre inverse de mérite. »

Ces indications se résument comme il suit :

	PROCÉDÉS				
	Physiques	Mécaniques	Chimiques	Mixtes	Totaux
1er groupe........	7	29	8	13	57
2e —	9	24	9	7	49
3e —	8	18	7	9	42
Ensemble...	24	71	24	29	148

Après avoir pris connaissance des développements plus ou moins étendus, suivant les groupes, donnés par la Sous-Commission à l'étude de chacun des projets, la Commission décida :

1° D'éliminer du concours 106 dossiers, constituant les premier et deuxième groupes précédemment définis ;

2° De retenir 42 procédés devant être soumis à un nouvel examen approfondi ;

3° De procéder à cet examen direct, en invitant chaque concurrent en particulier, selon la nature de sa proposition : ou à préciser la façon dont il entend réaliser ses vues, ou à justifier des résultats annoncés, ou à mettre la Commission en mesure de vérifier le fonctionnement des appareils existants.

Ces 42 procédés se répartissent de la manière suivante :

1re catégorie. — Procédés physiques : Chaleur			8
2e catégorie.— Procédés mécaniques	Sable	1	18
	Charbon	1	
	Cellulose	1	
	Amiante	5	
	Pâtes céramiques et porcelaine	7	
	Force centrifuge	2	
	Divers	1	
3e catégorie. — Procédés chimiques	Chaux	3	7
	Chaux et manganèse	1	
	Fer	1	
	Baryte et fer	1	
	Chaux, soude et fer (perchlorure)	1	
4e catégorie. — Procédés mixtes	Oxydations par l'air et le sable	1	9
	Produits alcalins et charbon	2	
	Sulfate d'alumine et sable	1	
	Fer et sable	3	
	Oxyde de fer et sable	1	
	Oxyde de fer, sable et charbon	1	
		Total	42

Quatre séances furent ensuite occupées à l'audition des auteurs de ces propositions. Ceux-ci furent notamment invités à faire connaître les caractères distinctifs des procédés ou appareils, les applications déjà faites, le rendement à l'heure, les résultats déjà constatés et l'indication détaillée des appareils présentés, ainsi que tous autres renseignements qu'ils croyaient devoir être utile de donner à la Commission.

De nouvelles propositions purent alors être faites, divisant ces 42 projets en cinq sous-groupes :

Le premier, comprenant les propositions qui ne pouvaient comporter d'essais pratiques et devaient être par suite éliminées, soit 3 procédés par la chaleur, 3 mécaniques, 1 chimique, au total 7 ;

Le second, réunissant les propositions ajournées sans date vu le défaut de renseignements, soit 2 mécaniques et 1 mixte, au total 3;

Le troisième, comprenant les propositions ne comportant pas d'essais en leur état actuel, à savoir : 1 par la chaleur, 1 mécanique et 1 mixte, au total 3 ;

Le quatrième, groupant les appareils d'application limitée et pouvant être soumis à des essais sur la demande des intéressés, soit 8 mécaniques, 2 chimiques, au total 10;

Le cinquième, réunissant les appareils ou procédés d'application plus étendue, méritant de donner lieu à des expériences plus complètes après installation vérifiée par leurs auteurs, soit 4 mécaniques, 4 par la chaleur, 4 chimiques et 7 mixtes, au total 19.

Essais

Finalement, la Commission décida de faire procéder à des essais pratiques sur les 29 appareils ou procédés formant ces quatrième et cinquième sous-groupes.

Ces essais, prolongés pendant plusieurs mois, ont été poursuivis à l'Usine municipale des Eaux du quai d'Austerlitz.

Les concurrents ont été uniformément invités à monter leurs appareils avec telles dispositions qu'ils jugeraient le plus convenables et à faire connaître le moment où ils estimeraient que ces appareils étaient mis en parfait état de fonctionnement.

La même eau était donnée à tous, eau de Seine prélevée sur la conduite de refoulement de l'Usine d'Austerlitz.

En raison des sujétions de marche, les appareils de stérilisation par la chaleur n'ont fonctionné que par intervalles. Pour les autres, au contraire, le fonctionnement a été, autant que possible, continu, du jour où l'auteur s'est déclaré prêt jusqu'à celui où la Sous-Commission a jugé l'expérience suffisamment prolongée. Dans tous les cas, l'auteur conservait l'entière responsabilité de son appareil ou de ses expériences et l'entière faculté de se placer dans les conditions les plus favorables au résultat; il pouvait, en particulier, effectuer comme il l'entendait et aussi souvent qu'il le voulait les opérations de nettoyage, stérilisation, régénération, à charge seulement de ne rien faire qui ne fût connu et noté par le préposé de la Commission. Aussi, les résultats constatés peuvent-ils être à bon droit considérés comme exprimant ce que peuvent donner de mieux, dans leur état actuel, les appareils ou procédés soumis aux essais du quai d'Austerlitz.

S'inspirant des découvertes les plus récentes de la science, la Commission a tenu à procéder à une triple expertise pour chacun d'eux. Il est en effet nécessaire d'adapter à l'organisme humain les propriétés physiques, chimiques ou biologiques de l'eau potable, aussi bien que de rechercher les conditions pratiques de fonctionnement des appareils de filtration. Le choix de l'eau de boisson repose à la fois sur les résultats de ces divers examens ; l'appréciation des qualités organoleptiques, l'analyse chimique et l'étude microbique sont à la fois nécessaires ; si l'une de ces recherches restait isolée, elle ne serait plus, suivant le mot de Duclaux, qu'une « fantasmagorie » conduisant à une conclusion incomplète et par suite erronée (1).

L'étude des appareils et procédés a été plus particulièrement faite par M. l'ingénieur en chef Bienvenüe; l'analyse chimique était confiée à M. Albert-Lévy et l'analyse micrographique à M. le D[r] Miquel.

La Commission a pris connaissance des procès-verbaux des essais et analyses, ainsi que des observations présentées sur chacun des procédés ou appareils.

Examen technique

Pour ce qui concerne les résultats ayant trait directement à la mise en œuvre technique, M. Bienvenüe s'exprime ainsi qu'il suit :

1° Un trait commun à tous les procédés fondés sur l'emploi de la chaleur, c'est l'élévation du prix de revient. Il faut observer, cependant, qu'à ce point de vue les expériences fractionnées, telles que celles du quai d'Austerlitz, offrent des conditions plus défavorables que le fonctionnement en grand; aussi, pour tenir compte de cette circonstance, au moins dans une certaine mesure, s'est-on borné à calculer la valeur du combustible pour un mètre cube d'eau stérilisée, en laissant de côté les dépenses accessoires.

On peut dire, en résumé, que ces appareils, même les plus grands, ne peuvent fournir qu'une quantité d'eau relativement faible et qu'ils la fournissent

(1) « L'étude des microbes a complètement transformé l'idée que l'on se faisait autrefois de la filtration. On ne demandait, jusqu'à ces dernières années, à un filtre que de débarrasser l'eau de ses matières en suspension, de la rendre claire lorsqu'elle était trouble ou même seulement louche, et tout filtre qui lui rendait ce service était par là même déclaré bon. On a voulu ensuite que la filtration dépouillât, en outre, l'eau de quelques-uns de ses éléments en solution, par exemple des matières organiques qui lui donnent une saveur et peuvent la rendre impotable. Tous les filtres ne produisent pas ce résultat. Les filtres à charbon y sont plus aptes que les autres, et ils ont eu leur moment de vogue. Maintenant, ce qu'on redoute le plus dans l'eau, ce sont les germes de maladie qu'elle peut contenir, germes tellement ténus qu'ils passent au travers de tous les filtres usuels. Du coup, tous ces filtres ont été déconsidérés, et il a fallu trouver de nouveaux types atteignant le but visé. » (DUCLAUX. — *Le filtrage des eaux.* — In *Annales de l'Institut Pasteur* tome IV).

à un prix élevé. Quels que puissent être leurs mérites respcetifs au point de vue de la stérilisation, ils ne sont pas en état de faire face aux besoins normaux d'une alimentation publique importante, et leur rôle semble, en tout état de cause, devoir être restreint à des applications locales.

Le débit par heure a varié, dans les appareils présentés, de 60 litres à 2 mètres cubes, suivant la dimension, et le prix de revient par mètre eube s'est élevé de 0 fr. 20 à 1 fr. 15.

2° Dans la eatégorie des procédés mécaniques, se rangent un eertain nombre d'appareils très inégaux en puissance, où l'eau est mise en présence de diverses matières inertes : sable, eharbons, amiante, cellulose, terres poreuses de nature variée. Dans la plupart d'entre eux, leurs auteurs ont usé de la pression totale que fournissait la conduite de la Ville, soit environ 55 mètres.

On ne trouve, dans aueun des appareils de eette eatégorie, la puissanee de production ni la simplieité d'entretien et de fonctionnement qui sont les conditions fondamentales de tout système affecté à une alimentation publique.

En effet, si pour quelques-uns le débit était insignifiant, dans les plus grands appareils il a varié de douze litres à deux cents litres par heure et par mètre carré, pour s'élever, dans eertains d'entre eux, jusqu'à deux et même dix mètres cubes. Par eontre, tous doivent être soumis à des nettoyages fréquents, quelquefois même quotidiens. La plupart d'entre eux ne sont d'ailleurs que le produit d'études insuffisantes, et l'on ne peut, à un point de vue plus restreint, mentionner sérieusement que les bougies en porcelaine. Parmi les moyens purement mécaniques, le filtrage au sable est le seul auquel on puisse songer pour l'alimentation d'une ville.

3° Les procédés chimiques présentés, à l'exeeption d'un seul, ne paraissent pas avoir eneore été l'objet d'applieations pratiques ; les essais faits au quai d'Austerlitz permettent de penser qu'ils ne peuvent donner lieu à aucune applieation présente pour l'alimentation publique. Il y a même lieu de douter que l'emploi exelusif des proeédés dont il s'agit puisse jamais produire à eet égard des résultats suffisamment eertains. Leur débit est en général faible, et, si l'on veut qu'ils répondent au but déelaré, leur nettoyage doit être assez fréquent et la eomposition ehimique surveillée avec la plus grande attention.

4° Sous le nom de proeédés mixtes se groupent quelques procédés où le filtrage par substances inertes est eombiné avee l'emploi préalable d'une réaction chimique. Certains d'entre eux semblent susceptibles de donner des résultats satisfaisants, si leur fonctionnement est bien dirigé ; ils peuvent d'ailleurs assurer le filtrage de quantités relativement considérables et, par eonséquent, trouver, au besoin, leur applieation dans une alimentation publique. Il faut remarquer,

il est vrai, que le nettoyage de ces appareils a été pratiqué très fréquemment au quai d'Austerlitz, tous les mois pour l'un d'eux, tous les huit jours et tous les trois à quatre jours ou même tous les jours pour d'autres ; pour une alimentation publique importante, cette condition de succès serait plus difficilement obtenue.

Voici en quels termes M. Bienvenüe formule sa conclusion :

« Abstraction faite des indications fournies par l'analyse chimique et les « recherches bactériologiques, il ne faut rechercher ni dans les procédés de « stérilisation par la chaleur, ni dans les traitements purement chimiques, « le moyen de rendre potables les eaux destinées à l'alimentation publique : « les uns ont contre eux leur prix élevé de revient et leur rendement trop faible, « les autres l'incertitude de leurs résultats.

« De nombreux procédés de filtration mécanique ont été imaginés; mais « aucun ne semble devoir pratiquement s'adapter à une exploitation en « grand.

« Le filtrage mécanique par le sable ou l'amiante, combiné au besoin avec un « traitement chimique préalable très simple, paraît encore être le seul procédé « qui réponde convenablement aux exigences du problème. On peut imaginer « dans cet ordre d'idées plus d'un système, et une préférence absolue ne « s'impose pas *à priori;* cette préférence ne saurait être légitimement fondée « que sur les résultats fournis par des applications suffisamment vastes et « prolongées. »

Analyses chimiques

Au point de vue de l'épuration chimique, M. Albert-Lévy fait observer que l'eau de Seine soumise à l'action des différents appareils d'épuration et qui était prise à l'Usine d'Austerlitz, quelque indiqué qu'en fût le choix comme terme de comparaison, présentait cependant un inconvénient réel : « L'eau de Seine, « en effet, dit-il, est au point de vue chimique une eau toujours potable, d'un « goût généralement agréable, suffisamment aérée en amont de Paris, et ne « contenant pas de matière organique en quantité exagérée, sinon acciden- « tellement. Les résultats de l'épuration ne pouvaient donc être aussi frappants « qu'ils l'eussent été si l'eau à traiter avait été particulièrement impure. »

La Seine, en amont de Paris, présente la composition suivante, déduite par M. Albert-Lévy de quatre années d'analyses dont l'exactitude est prouvée par les sommes, presque identiques, des équivalents acides et basiques :

SEINE EN AMONT DE PARIS *(Ivry)*.

		PAR LITRE ÉQUIVALENTS	
		Acides	Bases
	mg	—	—
Acide carbonique total	153.3	»	»
Matière organique, en oxygène	3.4	»	»
Carbonates alcalino-terreux (en acide carbonique).	79.1	»	»
Degré hydrotimétrique total	18°4	»	»
— après ébullition	5°8	»	»
	mg	mg	
Acide carbonique demi-combiné	74.6	3.39	»
Acide sulfurique	11.0	0.28	»
Acide azotique	7.5	0.14	»
Chlore	7.1	0.20	»
Silice	6.2	0.21	»
			mg
Chaux	101.3	»	3.62
Magnésie	5.0	»	0.25
Fer et alumine	1.1	»	0.02
Potassium	3.6	»	0.09
Sodium	5.0	»	0.22
Totaux	222.4	4.22	4.20
Résidu sec à 180°	251.1	»	»
Matière volatile	41.7	»	»

M. Albert-Lévy, dans ses essais pour le concours, s'est borné à examiner l'eau filtrée au point de vue des sels minéraux, de la matière organique et de l'oxygène dissous.

Les sels minéraux ont été examinés par cinq opérations : degré hydrotimétrique total et après ébullition ; dosage de la chaux et des carbonates alcalino-terreux; pesée du résidu sec à la température de 180°. La détermination des degrés hydrotimétriques a été faite avec toutes les précautions indiquées dans l'*Annuaire de l'Observatoire de Montsouris*. Les dosages de la chaux, de l'ensemble des carbonates de chaux et de magnésie, du résidu sec, ont été faits avec le plus grand soin; quelques échantillons ont été soumis à une double analyse dont les résultats ont été absolument concordants.

Le dosage de la matière organique a été fait d'après la méthode que M. Albert-Lévy a publiée dans l'*Annuaire de l'Observatoire de Montsouris* et qui a été approuvée par le Comité consultatif d'hygiène publique de France. Elle s'appuie sur l'oxydation de la matière organique par le permanganate de

potasse alcalin et bouillant pendant un temps rigoureusement le même pour tous les échantillons, dix minutes. Les résultats expriment en milligrammes le poids d'oxygène emprunté au permanganate.

L'évaluation de l'oxygène dissous a été faite d'après la méthode publiée par M. Albert-Lévy dans le même Recueil et adoptée depuis par un grand nombre d'analystes. La proportion d'oxygène contenu dans une eau est modifiée dans des circonstances très diverses, et une même eau, sous des influences multiples: pression barométrique, température, éclaircissement du ciel, etc., peut fournir des résultats très variables. Abandonnée à elle-même, à la lumière, une eau peut gagner ou perdre de l'oxygène suivant qu'elle contient des algues vertes ou des matières organisées vivantes; sous l'influence simultanée de ces deux causes, une même eau peut gagner ou perdre de l'oxygène. M. Albert-Lévy a eu l'idée de placer toutes les eaux à l'abri de l'air, à l'abri de la lumière, et dans un milieu à température constante. Dans ces conditions, les algues chromogènes ne peuvent fournir de l'oxygène à l'eau, et il se manifeste toujours une perte d'oxygène provenant de l'action des bactéries, d'une part, et, d'autre part, de la combustion de la matière organique. Cette perte d'oxygène, comparée au poids initial de ce gaz, fournit ce que M. Albert-Lévy a appelé le coefficient d'altérabilité ; il faut nécessairement penser qu'une eau est d'autant plus pure que son coefficient d'altérabilité est plus faible.

Telles sont les considérations qui ont guidé M. Albert-Lévy dans l'analyse des eaux épurées par les différents appareils présentés au concours. Il va sans dire qu'au moment même où il faisait un prélèvement d'eau épurée, il faisait un second prélèvement d'eau naturelle, et que ces deux échantillons étaient simultanément soumis à la même analyse. Dans chacune des eaux neuf éléments ont été déterminés, soit dix-huit analyses pour chaque eau, sauf dans le cas où plusieurs eaux étaient prélevées le même jour.

1° Comme il fallait s'y attendre, les différents appareils de stérilisation par la vapeur ont présenté, au point de vue chimique, deux caractères communs : 1° Diminution du poids des sels minéraux (précipitation du carbonate de chaux) ; 2° Perte d'oxygène dissous.

La diminution du poids du carbonate de chaux ne peut être considérée comme un résultat désirable ; ce sel est utile à l'organisme, et il ne saurait être funeste qu'en notable proportion, ce qui n'est pas le cas pour les eaux de Seine, car nous en absorbons des quantités bien autrement fortes en ingérant les divers aliments. D'un autre côté, la précipitation des sels calcaires encrasse les chaudières et oblige à des nettoyages fréquents. On doit donc considérer comme

inutile la précipitation du carbonate de chaux, précipitation qui a varié, dans les appareils expérimentés, de 24 à 67 o/o.

La perte d'oxygène est fâcheuse, une eau étant généralement considérée comme d'autant plus digestive qu'elle contient une plus grande quantité de gaz dissous. Sous ce rapport, les différents appareils ont donné de 17 à 80 0/0 de perte d'oxygène.

Le coefficient d'altérabilité est réduit de 15 à 45 0/0 dans deux appareils; il n'est pas modifié dans le troisième; il a augmenté dans deux autres.

L'action sur la matière organique est également variable : aucun des appareils n'est comparable, sous ce rapport, à certains procédés d'épuration par les moyens chimiques; cependant on a observé une diminution de matière organique variant de 3 à 22 0/0 pour quelques appareils, tandis que d'autres accusaient une augmentation.

2° Le caractère commun des procédés mécaniques étudiés est de ne toucher en rien aux sels minéraux. Au sortir de ces appareils, l'eau a même degré hydrotimétrique, même poids de chaux totale, même résidu sec à 180°.

Par contre, les uns ne diminuent que de 8, 11, 18 0/0 la matière organique, et augmentent légèrement ou diminuent faiblement le coefficient d'altérabilité; d'autres font perdre jusqu'à 23 0/0 du poids d'oxygène dissous. Un seul réduit la matière organique dans la proportion de 34 0/0, avec une perte nulle d'oxygène dissous et une réduction de 26 0/0 du coefficient d'altérabilité.

3° L'étude des procédés chimiques, et la même restriction doit être faite pour les procédés mixtes, est assez délicate, car l'on peut toujours craindre que la substance employée ne passe en partie avec l'eau et n'introduise dans le liquide des composés chimiques dont la présence est fâcheuse.

Les cinq procédés de cette catégorie ont donné les résultats ci-après :

	1	2	3	4	5
Perte de sels minéraux.....	Gain 11 0/0	9 0/0	Nulle	17 0/0	37 0/0
Perte de chaux.............	Gain 30 0/0	Nulle	Nulle	63 0/0	61 0/0
Perte de matière organique.	47 0/0	33 0/0	14 0/0	24 0/0	51 0/0
Perte d'oxygène...........	Gain 14 0/0	21 0/0	Gain 46 0/0	20 0/0	Presque nulle.
Diminution du coefficient, 100°	Légère aug.	76 0/0	Nulle	Augment.	Légère dimin.

C'est assurément le procédé portant, dans ce tableau, le n° 2, qui donne les résultats les plus satisfaisants. Toutefois, une réduction de 33 0/0 de la matière organique est assurément faible.

4° Les dix systèmes analysés dans la catégorie des procédés mixtes ont donné des résultats très variables, qui feraient préférer tel appareil ou tel autre suivant qu'on considère l'action sur tel ou tel des éléments chimiques. Ainsi, l'un

d'eux, qui donne la plus faible perte d'oxygène, soit 7 0/0, fournit une perte de chaux de 22 0/0, une perte de sels minéraux de 11 0/0. Toutefois, pour cinq d'entre ces appareils, il y a lieu de reconnaître que les résultats de l'analyse chimique méritent, en somme, une sérieuse attention. Il en est, en effet, qui ont permis de réduire la matière organique dans la proportion de 66, 67, 69 et même 78 0/0, tout en n'ayant qu'une perte d'oxygène relativement faible.

Analyse micrographique

M. le docteur Miquel a employé, pour analyser micrographiquement les eaux traitées et non traitées durant le concours, un procédé toujours identiquement le même, de façon que les résultats fussent absolument comparables. Ce procédé, qu'il a rendu classique, consiste à incorporer à de la gélatine nutritive, fondue à basse température, un volume connu d'eau plus ou moins diluée dans de l'eau stérile suivant son plus ou moins grand degré d'impureté. Pour beaucoup d'appareils admis au concours, ces dilutions ont dû être très variées, de façon à pouvoir obtenir à chaque expérience un résultat certain. Les plaques de gélatine ainsi fabriquées, tant avec les eaux de la Seine qu'avec les les eaux traitées, ont été tenues en observation pendant quinze jours, laps de temps à l'issue duquel l'expérience a pris fin, après une lecture définitive du nombre de colonies écloses sur le *substratum* nutritif.

1° Comme il était aisé de s'en rendre compte, les procédés de stérilisation par la chaleur donnent tous de bons résultats au point de vue micrographique. Il en est dans lesquels la stérilisation a toujours été absolue, les bactéries y ayant été détruites sans retour. Même dans ceux qui ont donné de moins bons résultats, il suffirait d'élever la température de l'eau qui les traverse ou de prolonger, sans changer la température, la durée de son action ; il est indispensable, d'autre part, de ne pas manquer de stériliser préalablement le filtre terminal.

2° Les filtres mécaniques peuvent être rangés en deux classes au point de vue micrographique, suivant qu'ils sont constitués par une paroi filtrante très fine et homogène comme la porcelaine, la terre d'infusoires, la pâte de cellulose, le charbon aggloméré, etc..., ou par des substances poreuses plus grossières, sable, amiante, etc.

Parmi ces filtres, les uns, qui utilisent la porosité de la porcelaine, ont pu donner de l'eau absolument stérile dès le début; mais ils n'ont pas tardé à s'infecter, même en usant de procédés de nettoyage perfectionnés ou en multipliant les nettoyages plus simplement pratiqués.

Les autres, et ce sont les plus nombreux, qui veulent mettre à profit la poro-

sité de diverses substances naturelles ou artificielles, ou bien soit en même temps, soit séparément, faire usage de matières pulvérulentes, ont donné des résultats soit insuffisants, soit franchement mauvais dès le début, et qui sont généralement restés tels pendant toute la durée des essais.

3° Quant aux procédés chimiques expérimentés, M. le docteur Miquel a dû reconnaître que deux d'entre eux enrichissaient les eaux de la Seine en bactéries au lieu de les purifier, qu'un autre en modifiait très peu la composition microbienne ; un quatrième, plus efficace au début, présenta une augmentation de bactéries au fur et à mesure de son fonctionnement. Le seul qui ait donné des résultats dignes d'attirer l'attention constituait plutôt un appareil de laboratoire.

4° Des résultats analogues ont été constatés pour quelques-uns des procédés mixtes. Toutefois, pour plusieurs d'entre eux, la réduction du nombre des bactéries s'est maintenue à un taux élevé, jusqu'à atteindre et même dépasser 99 °/₀ pendant un temps très prolongé.

RÉSULTATS DU CONCOURS

Les expertises qui viennent d'être résumées avaient pour but de rechercher si les procédés présentés au concours répondaient aux conditions prescrites par l'article 5 du programme, que nous croyons devoir rappeler ici :

« L'épuration sera considérée comme parfaite si l'eau qui y a été soumise » est limpide, incolore, si elle n'a aucun goût désagréable, si elle est suffi- » samment aérée, si elle ne contient aucun microbe pathogène et, en tout cas, » qu'un très petit nombre de microbes indifférents; enfin, s'il n'y reste pas de » matière organique en quantité exagérée et aucune substance nuisible. »

La Commission ne se dissimule pas que l'examen auquel elle a dû se livrer n'a pas été assez prolongé pour pouvoir accorder une approbation définitive à aucun des appareils en présence. Les résultats obtenus autorisent beaucoup plus aisément un avis négatif qu'une déclaration positive et ferme à l'égard même de ceux qui semblent mériter une étude approfondie, étude qui exige assurément plusieurs années, un contrôle comparatif et des épreuves plus multipliées.

Quoi qu'il en soit, la Commission estime qu'elle a fait tout son possible pour rechercher, aux termes de l'article 3 du programme, parmi les procédés

proposés, ceux pouvant être appliqués « sans exagération de dépense, à l'épuration d'un volume d'eau assez grand pour alimenter une ville ou encore des établissements populeux, comme les maisons d'école, lycées, casernes, etc. »

Les résultats résumés dans l'exposé qui précède des études techniques, chimiques et micrographiques de la Commission, montrent que les procédés mixtes sont seuls applicables à la filtration de l'eau d'alimentation de la ville de Paris, tandis que pour l'épuration de l'eau dans un logement collectif ou pour l'usage domestique, dans une habitation privée, on ne pourrait être tenté d'utiliser que des procédés mécaniques ou chimiques, ou la stérilisation par la chaleur.

Parmi les procédés mixtes, un seul se rapprocherait assez des conditions du programme pour que son application puisse être étudiée, au point de vue pratique et dans les conditions prévues, pour la filtration des quantités considérables d'eaux de rivières qu'il est nécessaire de prévoir pour Paris, à savoir 100,000 mètres cubes par jour. C'est celui qui, sous une pression de 1 mètre, avec un débit de 4 mètres cubes par heure et par mètre carré, a réduit en moyenne les bactéries de 98.77 0/0, déterminé une faible perte d'oxygène, réduit de 30 0/0 la matière organique, et qui ne semble pas jusqu'ici devoir obliger à un nettoyage aussi fréquent que tous les autres procédés. Mais des irrégularités trop grandes ont été jusqu'ici constatées dans son fonctionnement, et la mise en service de ses derniers perfectionnements est trop récente pour qu'on puisse émettre un avis définitif.

Constitue-t-il une amélioration sur les procédés employés jusqu'ici pour filtrer l'eau en grand et qui comprennent les filtres à sable usités dans un grand nombre de villes, telles que Londres dès 1839, Berlin, Varsovie, Hanovre, Altona, Zurich, Kœnigsberg, Hambourg, etc... ; les galeries filtrantes ou galeries captantes de Toulouse, Lyon, Angers, Nancy, etc., et les filtres en pierre artificielle essayés à Worms ? Une expérience prolongée permettra seule de se prononcer à cet égard (1).

(1) En France, sur 95 villes qui épurent leurs eaux d'alimentation, les procédés mis en usage en 1892 se décomposaient comme suit :

18	villes avec	581.251	habitants emploient	la décantation.
20	—	941.713	—	les galeries filtrantes.
2	—	45.900	—	les puits filtrants.
8	—	102.714	—	les filtres à sable et gravier.
15	—	189.609	—	les filtres à sable, gravier et charbon.
32	—	500.651	—	des procédés divers.
95	villes avec	2.361.838	habitants.	

(Bechmann, *Distribution d'eau.*)

Si l'objet précis de ce rapport le permettait, nous pourrions montrer que l'efficacité reconnue des filtres à sable tient surtout à la couche gluante qui se forme à la superficie du filtre, mais que même après avoir passé à travers cette couche gluante l'eau renferme encore beaucoup de germes. Pour l'en dépouiller, il faut une couche de sable de 60 à 70 centimètres d'épaisseur au moins, et un débit de 100 millimètres à l'heure. Duclaux, Frankland, Koch, Chantemesse, Kruger, C. Fränkel, Piefke, Loser, Kabrehl, Lindley et bien d'autres ont nettement montré quelles conditions absolues les filtres à sable doivent remplir pour fournir des résultats appréciables.

Il n'appartient pas à la Commission de définir les conditions techniques, aujourd'hui bien fixées, de l'installation des bassins filtrants ou des filtres à sable (1); mais elle ne saurait manquer d'ajouter que si les grands filtres à sable, appareils d'une fragilité extrême, ne peuvent être considérés que comme un pis-aller pour l'approvisionnement en eau potable, ils n'en doivent pas moins être établis, entretenus et surveillés avec la plus grande prudence.

Si les résultats du concours font prévoir au moins une solution acceptable pour la filtration des eaux de rivière nécessaires à l'alimentation de Paris tout entier ou d'une partie plus ou moins considérable de son agglomération, il n'en est pas de même pour l'alimentation des habitations collectives visées par le programme, les maisons d'école, lycées, casernes, etc., à titre isolé.

Tous les procédés étudiés présentent, en effet, — les résultats expé-

---

(1) Duclaux s'exprime à ce sujet dans les termes suivants :

« Nous voyons bien maintenant ce que c'est qu'un filtre à sable. Le sable sert à la fois de frein pour modérer le mouvement de l'eau et de support pour la couche glaiseuse de microbes qui se forme dans toute son épaisseur, mais surtout à sa surface. Cette couche superficielle devient, lorsqu'elle est formée, la véritable couche filtrante, et, après avoir médiocrement fonctionné jusque-là, le filtre est enfin mûr et constitué; mais cette couche filtrante est chose fragile. Il ne faut pas la soumettre à de trop fortes pressions lorsqu'elle est faible ; ses éléments se disloqueraient, seraient entraînés dans les profondeurs du filtre qu'ils obstrueraient. Il ne faut pas non plus la soumettre à de rapides variations de pression qui produiraient le même effet. Il faut la laisser travailler tranquillement, augmenter peu à peu la pression à mesure qu'elle s'épaissit, devient plus résistante et plus imperméable, puis, à un moment donné, quand la pression à employer est devenue trop forte, arrêter l'eau, laisser le filtre s'épuiser, enlever sa couche supérieure salie et le remettre en fonction. L'intervalle entre deux nettoyages s'appelle une période. Il est évidemment d'autant plus court, toutes choses égales d'ailleurs, que l'eau à filtrer est plus sale et plus impure. C'est ainsi qu'à Berlin, à l'usine de Stralauer Thor, la durée moyenne d'une période a été en 1888, de seize jours, avec une vitesse moyenne de 1 mètre 1 par jour, tandis qu'à Zurich cette période a été, en 1887, pour un filtre couvert, de quarante-huit jours, avec une vitesse moyenne de 4 mètres 5 par jour.

» Il est évident qu'avec cette constitution un filtre à sable est quelque chose

rimentaux ci-dessus résumés le démontrent surabondamment, — les inconvénients suivants :

Il n'en est d'abord pas un seul qui satisfasse à la fois à l'ensemble des conditions considérées comme nécessaires pour la filtration des eaux de rivière destinées à la boisson;

Au point de vue microbien, ils sont tous insuffisants en très peu de temps, excepté ceux qui font emploi de la chaleur;

Au point de vue chimique, la plupart sont médiocres, quelques-uns mauvais ;

Au point de vue pratique, leur débit est généralement insuffisant et très variable ;

Enfin, aucun d'entre eux ne peut fonctionner sans nécessiter soit un remplacement fréquent de la matière filtrante, soit des nettoyages répétés, et encore ceux-ci, toujours délicats à exécuter, n'assurent-ils que la protection extérieure de la surface sans garantir le maintien des propriétés épuratrices de la substance elle-même. Il n'en est pas un seul dont le fonctionnement régulier et réellement efficace puisse être garanti plus de deux ou trois semaines au maximum, et pour plusieurs d'entre eux quelques jours seulement.

C'est là, on ne le sait que trop, la pierre d'achoppement de tous les systèmes de filtration, grands ou petits ; mais combien cet inconvénient devient grave quand ce n'est plus dans un service public qu'on les utilise et lorsque le nettoyage ne peut plus être assuré ni régulièrement pratiqué par un personnel spécial et à demeure ? Peut-on obtenir de tels résultats, même dans des logements collectifs, alors qu'on y disposerait d'appareils qui ne peuvent filtrer d'une manière

---

d'extrêmement fragile, et il est clair aussi qu'on ne pourra pas éviter l'entraînement de quelques microbes dans l'eau qui en sort. Le filtre ne pourra donc pas être un filtre parfait. On peut réduire beaucoup le chiffre des bactéries dans l'eau filtrée en ralentissant beaucoup la vitesse de filtration; mais alors le filtre ne travaille plus dans les conditions industrielles ...... » (Duclaux, *loc. cit.*)

Koch, de son côté, en a spécifié comme suit les conditions à propos des filtres à sable usités à Berlin :

1° La vitesse de la filtration ne doit jamais dépasser 100 millimètres à l'heure. Dans ce but, chaque filtre doit être muni d'un appareil permettant de mesurer et de régler la vitesse de la filtration;

2° Pendant son fonctionnement, chaque filtre doit être soumis quotidiennement à un examen bactériologique ;

3° Une eau filtrée qui contient plus de 100 germes vivants par centimètre cube ne doit pas pénétrer dans le réservoir commun d'eau filtrée. La construction du filtre devra donc permettre d'éliminer toute eau insuffisamment épurée, sans qu'elle puisse se mêler au réservoir commun d'eau filtrée. (Koch. — *De la filtration de l'eau au point de vue de la prophylaxie du choléra.* — *In* Semaine médicale, 21 juin 1893).

suffisante et réelle que pendant un temps relativement court, alors même que leur fonctionnement apparent est régulier et qu'à l'œil nu, ils paraissent n'avoir subi aucune détérioration?

Sans doute, tous les filtres de ce genre, utilisant des procédés mécaniques, des procédés chimiques ou même des procédés mixtes, peuvent faire étalage de certificats constatant que « l'eau ainsi traitée ne contient plus de matières organiques et se trouve privée de tous microorganismes, germes, bacilles, microbes, etc., quels qu'en soient le nombre et l'espèce ». Mais il serait utile d'ajouter, ce que leurs auteurs se gardent bien de faire, pendant combien de temps il en est ainsi ou au prix de quelles manœuvres et de quels sacrifices le filtre peut reprendre ses qualités premières, souvent de très courte durée!

De tels appareils ne doivent pas seulement être nettoyés à la surface et dans la profondeur; mais il faudrait encore s'assurer qu'aucun des éléments filtrants qui les composent n'a perdu, sur un point quelconque, ses propriétés, ce qui nécessite, on le conçoit sans peine, des investigations techniques qu'il est impossible d'obtenir de la part des particuliers.

Tous les observateurs qui se sont, dans ces derniers temps, astreints à l'étude de ces appareils en se plaçant au point de vue de la pratique: G. Sims, Woodhead, Cartwright, Wood, Johnston, en Angleterre; Max Gruber et ses élèves, en Autriche; Sokoloff, en Russie; Plagge, Proskauer, en Allemagne, etc..., sont d'accord sur ce point: l'inconvénient de tous ces filtres, c'est d'exiger une surveillance constante et rigoureuse, car aucun d'eux n'épure d'une manière continue et permanente. Il n'est pas de filtre qui puisse inspirer une confiance absolue si son fonctionnement n'est pas l'objet d'un contrôle permanent.

La Commission, en raison des efforts considérables qu'elle a constatés de la part d'un grand nombre d'inventeurs, avait l'espoir qu'elle serait à même d'en proclamer le succès et que le concours lui aurait permis de signaler tout au moins un appareil résolvant pratiquement cette difficulté primordiale. Estimant que tant qu'il n'en sera pas ainsi l'emploi de tels procédés de filtration par les particuliers, aussi bien dans leur domicile privé que dans des établissements collectifs, offre une sécurité si courte qu'elle en est illusoire, elle a le regret de ne pouvoir engager en aucune manière sa responsabilité; elle ne peut signaler d'une façon spéciale aucun de ces systèmes. Agir autrement, ce serait entretenir des illusions dangereuses pour la population.

Il en est de même pour les procédés basés sur l'emploi de la chaleur. S'ils offrent seuls des avantages indiscutables au point de vue de la disparition des germes et notamment des germes pathogènes, les difficultés d'application

pratique et les prix de revient en limitent l'usage à des cas urgents, comme l'existence d'une épidémie limitée à un groupe de population. Encore peuvent-ils être remplacés par la simple ébullition de l'eau d'alimentation au foyer domestique dans un récipient ordinaire, ouvert à l'air pendant la durée de l'ébullition poussée à gros bouillons pendant un quart d'heure au moins, et l'eau étant conservée aérée à l'abri des poussières.

Conclusions.

CONCLUSIONS

De ces diverses considérations et de cet exposé qu'elle a tenu à rendre aussi sommaire que possible, la Commission croit pouvoir conclure ainsi qu'il suit :

1° Le concours ouvert par la Ville de Paris, en vue de rechercher le meilleur procédé d'épuration ou de stérilisation des eaux de rivière pour l'alimentation d'une ville ou d'établissements populeux, témoigne une fois de plus qu'il est actuellement impossible d'obtenir par aucun filtre, grand ou petit, et d'une manière permanente, une eau comparable à l'eau de source convenablement choisie, bien captée et suffisamment protégée. La véritable épuration de l'eau de boisson consiste dans l'approvisionnement en eau de source.

2° Les conditions actuelles de l'alimentation de Paris en eau potable rendent nécessaire, notamment pour parer aux insuffisances momentanées de l'approvisionnement en eaux de sources, l'installation d'appareils susceptibles d'assurer à tout ou partie de l'agglomération des eaux de rivières recueillies dans les conditions les plus favorables et convenablement épurées avant leur distribution.

3° Le seul procédé qui paraisse actuellement applicable à la filtration en grand de tout ou partie de l'eau d'alimentation consiste dans l'épuration par le sable, avec ou sans addition de procédés d'oxydation des matières organiques à l'aide de réactifs inoffensifs, avec ou sans addition de bassins de décantation.

4° Quel que soit le procédé adopté, il doit être l'objet d'une surveillance constante, tant au point de vue de son fonctionnement technique qu'à l'égard de l'analyse chimique et de l'analyse bactériologique ; les dispositifs doivent être tels que, si une partie quelconque du filtre devient suspecte ou défectueuse, elle puisse être immédiatement supprimée et remplacée par une autre partie préalablement préparée à cet effet.

5° Lorsque, dans une agglomération limitée, telle qu'une école, un lycée, une caserne, un hôpital, etc., l'eau distribuée est suspecte ou manifestement souillée, il faut alors, quand elle doit servir comme eau de boisson, la faire préalablement bouillir et la maintenir aérée à l'abri des poussières atmosphériques. Il convient, en pareil cas, de proscrire tous procédés de filtration ou d'épuration jusqu'ici connus, dont l'entretien, le nettoyage et la surveillance sont pratiquement irréalisables.

Le Rapporteur,

Paris, 31 Mars 1896, A.-J. Martin.